

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.)

Kedelai mengandung gizi protein sebesar 35%, lemak 18%, dan karbohidrat 35% (Saraswati *et al.*, 2007 dalam Arifin, 2013). Kedelai sebagai sumber protein nabati yang sangat penting untuk meningkatkan gizi masyarakat karena harganya yang murah dan disukai masyarakat. Kedelai juga memiliki kandungan asam amino seperti metionin, tripsin, dan lisin yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan gizi dan pangan masyarakat (Adie dan Krisnawati, 2016).

Kedelai diduga berasal dari daratan pusat dan utara Cina. Hal ini didasarkan pada adanya penyebaran *Glycine ussuriensis*, spesies yang diduga sebagai tetua *Glycine max* (L.) Merr. bukti sitogenetik menunjukkan bahwa *G.max* dan *G.usuriensis* tergolong spesies yang sama. Namun bukti sejarah dan sebaran geografis menunjukkan Cina Utara sebagai daerah di mana kedelai dibudidayakan untuk pertama kalinya, sekitar abad 11 SM. Korea merupakan sentra kedelai dan diduga kedelai yang dibudidayakannya merupakan hasil introduksi dari Cina, yang kemudian menyebar ke Jepang antara 200 SM dan abad ke-3 Setelah masehi. Jalur penyebaran kedelai yang kedua dimungkinkan dari daratan Cina Tengah ke arah Jepang Selatan, di Kepulauan Kyushu, sejak adanya perdagangan antara Jepang dan Cina, sekitar abad ke 6 dan 8 (Adie dan Krisnawati, 2016). Awalnya, kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja* dan *Soja max*. Namun pada tahun 1948 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* (L.) Merr. Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut (Dasuki, 1991):

Divisio : *Spermatophyta*
Subdiviso : *Angiospermae*
Classis : *Dicotyledoneae*
Ordo : *Rosales*
Familia : *Papilionaceae*
Genus : *Glycine*
Species : *Glycine max* (L.) Merr.

Karakteristik kedelai yang dibudidayakan di Indonesia merupakan tanaman semusim, tanaman tegak dengan tinggi 40- 90 cm, bercabang, memiliki daun tunggal dan daun bertiga, bulu pada daun dan polong tidak terlalu padat dan umur tanaman antara 72-90 hari. Kedelai introduksi umumnya tidak memiliki atau memiliki sangat sedikit percabangan dan sebagian bertrikoma padat baik pada daun maupun polong (Adie dan Krisnawati, 2016).

Morfologi tanaman kedelai sebagai berikut (Adie dan Krisnawati, 2016):

A. Akar

Sistem perakaran pada kedelai terdiri dari sebuah akar tunggang yang terbentuk dari calon akar, sejumlah akar sekunder yang tersusun dalam empat barisan sepanjang akar tunggang, cabang akar sekunder, dan cabang akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Bintil akar pertama terlihat 10 hari setelah tanam. Panjang akar tunggang ditentukan oleh berbagai faktor, seperti: kekerasan tanah, populasi tanaman, varietas, dan sebagainya. Akar tunggang dapat mencapai kedalaman 200 cm, namun pada pertanaman tunggal dapat mencapai 250 cm.

Populasi tanaman yang rapat dapat mengganggu pertumbuhan akar. Umumnya, sistem perakaran terdiri dari akar lateral yang berkembang 10-15 cm di atas akar tunggang. Dalam berbagai kondisi, sistem perakaran terletak 15 cm di atas tanah yang tetap berfungsi mengabsorpsi dan mendukung kehidupan tanaman (Carlson, 1973). Kedelai yang tergolong tanaman leguminosa dicirikan oleh kemampuannya untuk membentuk bintil akar, yang salah satunya adalah oleh *Rhizobium japonicum*, yang mampu menambat nitrogen dan bermanfaat bagi tanaman.

Akar mengeluarkan beberapa substansi khususnya triptofan yang menyebabkan perkembangan bakteri dan mikroba lain di sekitar daerah perakaran. Pembesaran bintil akar berhenti pada minggu keempat setelah terjadinya infeksi bakteri. Ciri bintil akar yang telah matang adalah berwarna merah muda yang disebabkan oleh adanya *leghemoglobin*, yang diduga aktif menambat nitrogen, sebaliknya bintil akar yang berwarna hijau diduga tidak aktif. Pada minggu keenam hingga ketujuh bintil akar telah lapuk.

B. Batang

Batang tanaman kedelai berasal dari poros embrio yang terdapat pada biji masak. Hipokotil merupakan bagian terpenting pada poros embrio yang berbatasan dengan bagian ujung bawah permulaan akar yang menyusun bagian kecil dari poros bakal akar hipokotil. Bagian atas poros embrio berakhir pada epikotil yang terdiri dari dua daun sederhana, yaitu primordia daun bertiga pertama dan ujung batang. Sistem perakaran diatas hipokotil berasal dari epikotil

dan tunas aksiler. Pola percabangan akar dipengaruhi oleh varietas dan lingkungan, seperti: panjang hari, jarak tanam, dan kesuburan tanah.

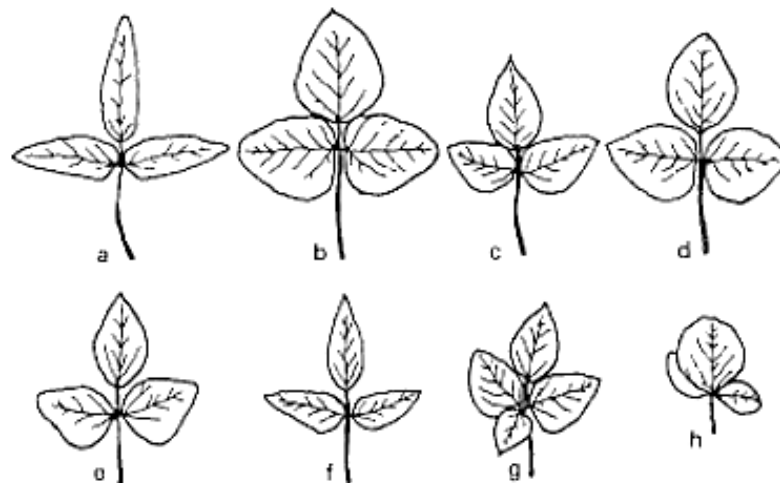
C. Daun

Daun kedelai terbagi menjadi empat tipe, yaitu: (1) kotiledon atau daun biji, (2) dua helai daun primer sederhana, (3) daun bertiga, dan 4) profila. Daun primer berbentuk oval dengan tangkai daun sepanjang 1-2 cm, terletak berseberangan pada buku pertama diatas kotiledon. Setiap daun memiliki sepasang stipula yang terletak pada dasar daun yang menempel pada batang. Tipe daun yang lain terbentuk pada batang utama, dan pada cabang lateral terdapat daun trifoliat yang secara bergantian dalam susunan yang berbeda.

Anak daun bertiga mempunyai bentuk yang bermacam-macam, mulai bulat hingga lancip. Ada kalanya terbentuk 4-7 daun dan dalam beberapa kasus terjadi penggabungan daun lateral dengan daun terminal. Daun tunggal mempunyai panjang 4-20 cm dan lebar 3-10 cm. Tangkai daun lateral umumnya pendek sepanjang 1 cm atau kurang. Dasar daun terminal mempunyai dua stipula kecil dan tiap daun lateral mempunyai sebuah stipula. Setiap daun primer dan daun bertiga mempunyai pulvinus yang cukup besar pada titik perlekatan tangkai dengan batang. Pulvini berhubungan dengan pergerakan daun dan posisi daun selama siang dan malam hari yang disebabkan oleh perubahan tekanan osmotik di berbagai bagian pulvinus.

Lapisan pertama pada permukaan bagian atas menjadi epidermis atas daun. Lapisan kedua dan ketiga akan berkembang menjadi jaringan palisade. Sel-

sel pada lapisan keempat atau tengah berkontribusi dalam pembentukan jaringan urat daun. Namun umumnya sel-sel dari lapisan tersebut akan berkembang menjadi parenkim gabus, seperti juga jaringan pada lapisan kelima dan keenam. Lapisan ketujuh atau terluar pada permukaan bawah akan menjadi epidermis bawah daun.



(Sumber: Adie dan Krisnawati, 2016)

Gambar 1. Bentuk daun tanaman kedelai (Carlson 1973) .a = lancip; b-d = bulat, e = lonjong, f = lonjong-lancip, g = daun berempat

Lapisan epidermis terdiri dari sel hidup dengan lapisan kutin tebal yang terdapat pada bagian atas dan bawah epidermis. Lapisan epidermis bagian atas lebih tebal daripada bagian bawah. Stomata terletak pada lapisan atas dan bawah, jumlah yang sangat banyak terdapat pada epidermis bawah. Jika stomata tertutup, kedua sel penjaga mempunyai lebar kurang lebih 12 mikron (6 mikron untuk setiap sel penjaga), dan panjang 24 mikron. Jika stomata terbuka, panjang total termasuk sel penjaga sekitar 16 mikron. Mesofil terdiri dari dua lapisan parenkim

palisade dengan jumlah kloroplas sangat banyak, serta 2-3 lapisan parenkim spon yang mempunyai sedikit kloroplas.

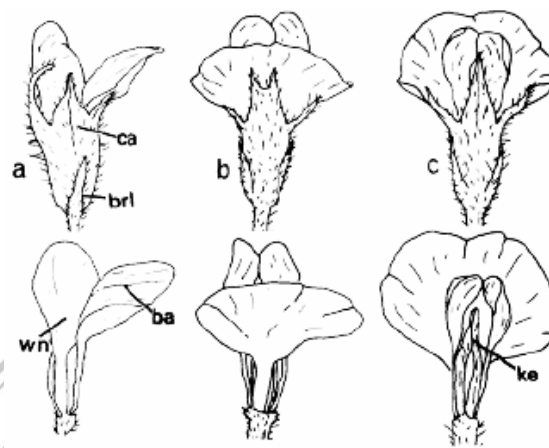
Bentuk daun kedelai adalah lancip, bulat dan lonjong serta terdapat perpaduan bentuk daun misalnya antara lonjong dan lancip. Sebagian besar bentuk daun kedelai yang ada di Indonesia adalah berbentuk lonjong dan hanya terdapat satu varietas (Argopuro) berdaun lancip.

D. Bunga

Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang bersifat kleistogami. Periode perkembangan vegetatif bervariasi tergantung pada varietas dan keadaan lingkungan, termasuk panjang hari dan suhu. Tanaman memasuki fase reproduktif saat tunas aksiler berkembang menjadi kelompok bunga dengan 2 hingga 35 kuntum bunga setiap kelompok. Ada dua tipe pertumbuhan batang dan permulaan pembungaan pada kedelai. Tipe pertama adalah indeterminat, yaitu tunas terminal melanjutkan fase vegetatif selama pertumbuhan. Tipe kedua adalah determinat dimana pertumbuhan vegetatif tunas terminal terhenti ketika terjadi pembungaan. Buku pada bunga pertama berhubungan dengan tahap perkembangan tanaman. Ketika buku kotiledon, daun primer, dan daun bertiga dalam fase vegetatif, bunga pertama muncul pada buku kelima atau keenam dan atau buku di atasnya. Bunga muncul ke arah ujung batang utama dan ke arah ujung cabang.

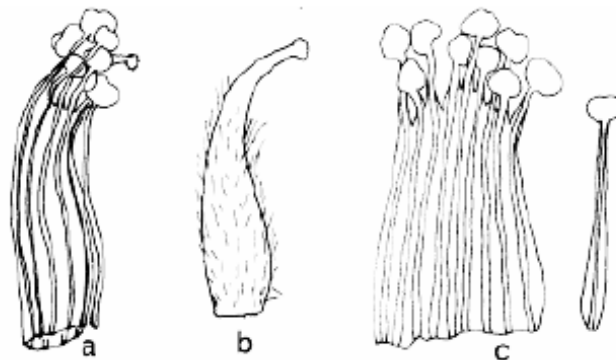
Periode berbunga dipengaruhi oleh waktu tanam, berlangsung 3-5 minggu. Berbagai penelitian menyebutkan bahwa tidak semua bunga kedelai berhasil membentuk polong, dengan tingkat keguguran 20-80%. Umumnya, varietas dengan banyak bunga per buku memiliki presentase keguguran bunga yang lebih

tinggi daripada yang berbunga sedikit. Keguguran bunga dapat terjadi pada berbagai fase perkembangan, mulai dari pertunasan, selama perkembangan organ-organ pembungaan, saat pembuahan, selama perkembangan awal embrio, atau pada berbagai tahapan perkembangan kotiledon.



(Sumber: Adie dan Krisnawati, 2016)

Gambar 2. Bagian bunga kedelai. a = tampak utuh, b = tampak belakang, c = tampak depan ca = kelopak bunga, b = brakteola, ba = daun bendera, wn = sayap mahkota, ke = petala



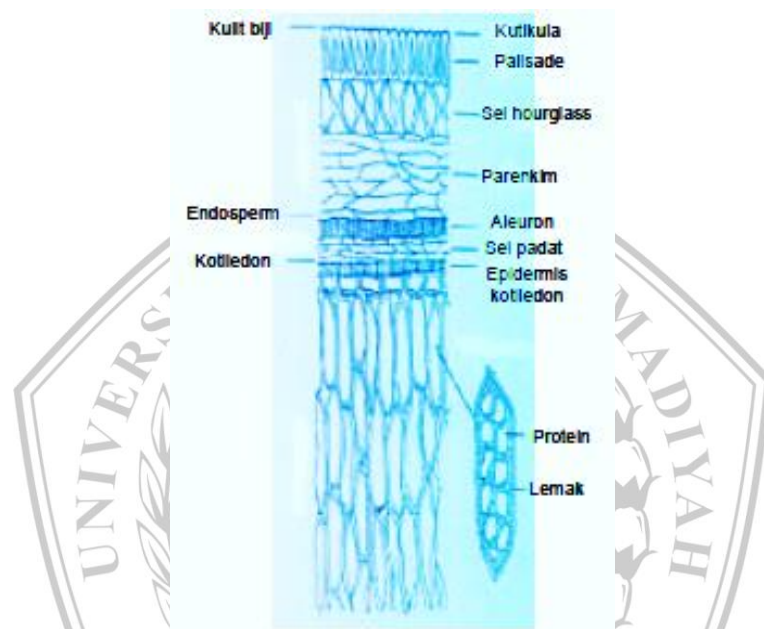
(Sumber: Adie dan Krisnawati, 2016)

Gambar 3. Struktur bunga kedelai. (a = benangsari, b = putik, c = benangsari)

E. Biji

Biji merupakan komponen morfologi kedelai yang bernilai ekonomis. Bentuk biji kedelai beragam dari lonjong hingga bulat, dan sebagian besar kedelai yang ada di Indonesia ber kriteria lonjong. Pengelompokan ukuran biji kedelai

berbeda antar negara, di Indonesia kedelai dikelompokkan berukuran besar (berat >14 g/100 biji), sedang (10-14 g/100 biji), dan kecil (< 10 g/100 biji). Di Jepang dan Amerika biji kedelai berukuran besar jika memiliki berat 30 g/100 biji. Biji sebagian besar tersusun oleh kotiledon dan dilapisi oleh kulit biji (testa). Antara kulit biji dan kotiledon terdapat lapisan endosperm.

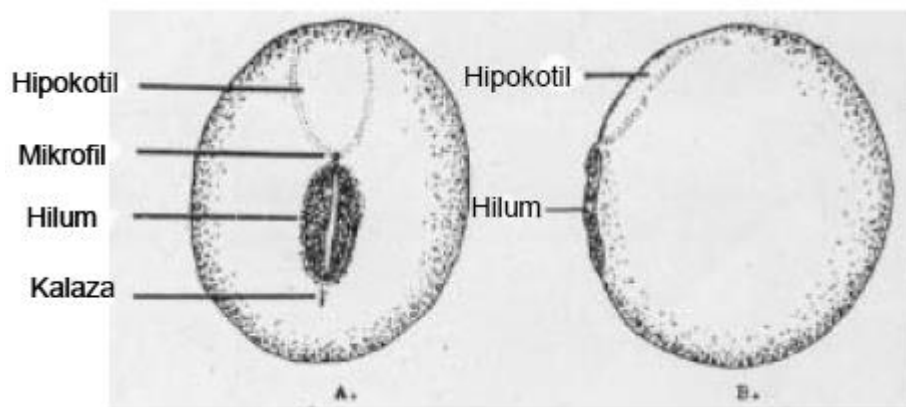


(Sumber: Adie dan Krisnawati, 2016)

Gambar 4. Struktur Melintang Biji Kedelai (Snyder dan Kwon 1987).

Kulit biji kedelai terdiri dari tiga lapisan yaitu epidermis, hipodermis, dan parenkim. Lapisan epidermis terdapat sel-sel palisade diselubungi oleh lapisan kutikula yang memantulkan cahaya lebih kuat (*light line*) yang ditemukan pada kedelai liar dibandingkan dinding sel lainnya. Lapisan hipodermis terdiri dari selapis sel yang berbentuk huruf I (*hourglass*), sedangkan lapisan parenkim terdiri dari 6-8 lapisan tipis pada keseluruhan kulit biji kecuali pada hilum yang tersusun oleh tiga lapisan yang berbeda. Hilum tersusun oleh tiga lapisan parenkim yang terdapat ruang interseluler dilapisan terluar terhubung langsung dengan sel

hourglass. Karakter sel palisade yang bersifat impermeabel terhadap udara berfungsi sebagai tempat terjadinya pertukaran udara dari dalam embrio dengan lingkungan luar melalui hilum. Struktur hilum diduga memiliki peran dalam mengatur metabolisme dan kelembaban dalam embrio.



(Sumber: Adie dan Krisnawati, 2016)

Gambar 5. Bagian Biji Kedelai. A (Tampak Atas) dan B. (Tampak Samping)

Morfologi penting pada bagian luar biji lainnya adalah hilum yang terdapat mikrofil dan hipokotil pada bagian ujung atas hilum dan kalaza di bagian ujung lainnya. kalaza (Gambar 5). Beberapa variasi kulit kedelai dari warna hijau, kuning, coklat, hitam hingga warna kombinasi. Lapisan palisade merupakan letak pigmen kulit biji yang terdiri dari pigmen antosianin dalam vakuola, klorofil dalam plastida yang memberikan variasi warna pada kulit biji. Warna lebih gelap pada biji juga disebabkan adanya lapisan palisade dan parenkin dalam hilum yang juga mengandung pigmen. Sedangkan, kotiledon embrio tua cenderung berwarna hijau, kuning tua atau kuning. Sehingga, pigmen-pigmen tersebut akan memunculkan warna yang beragam pada kulit kedelai.

2.2 Teknik Invigorasi Benih

Mutu fisiologis benih meliputi viabilitas untuk benih dapat tumbuh dan berkecambah pada kondisi optimum serta vigor benih (Sadjad, 1993). Benih vigor memiliki cadangan makanan banyak dengan kemampuan metabolisme tinggi, dan laju pertumbuhan tanaman tinggi untuk meningkatkan kecambah normal pada kondisi optimum maupun suboptimum, laju pertumbuhan tinggi, serta tahan penyakit (Sadjad *et al.* 1999 dalam Hasan, 2015).

Menurut Sutopo (2004), benih harus memiliki kekuatan tumbuh baik dan kuat pada kondisi lapangan yang bermacam-macam sehingga dapat berproduksi secara optimal dengan kualitas baik. Irwan (2006), juga menjelaskan bahwa benih kedelai merupakan yang tidak memiliki masa dormansi dengan kandungan protein dan asam lemak bebas yang tinggi sehingga benih secara cepat akan mengalami penurunan mutu fisiologisnya. Penggunaan benih dengan mutu fisiologis kurang baik mempengaruhi jumlah populasi per satuan luas tanam yang semakin menurun karena penanaman benih kedelai langsung di lapangan. Sedangkan, sebagian hasil benih kedelai disimpan untuk musim tanam berikutnya.

Berdasarkan data BALITKABI (2012) memaparkan bahwa kedelai varietas Grobongan mengandung kadar protein hingga hampir setengah berat keringnya dan daya simpan sekitar 90 hari. Mutu fisiologis rendah akan menimbulkan rendahnya kualitas perkecambahan sehingga tanaman rentan terserang penyakit diawal proses penanaman, seperti: serangan *Fusarium* sp. Deteriorasi yang diakibatkan oleh kadar protein yang tinggi pada benih kedelai

akan membutuhkan penyerapan air jumlah banyak sehingga meningkatkan kadar air benih (Kameo, 2012).

Benih dengan kadar air tinggi akan terjadi proses deteriorasi yang sangat cepat selama masa penyimpanan karena meningkatnya aktivitas respirasi yang tidak diminimalisir dengan adanya perbaikan seluler. Selain itu, kadar asam lemak bebas benih semakin meningkat seiring semakin lamanya masa penyimpanan, sedangkan persentase kadar air akan mengalami penurunan. Deteriorasi benih dapat terjadi karena semakin berkurangnya cadangan makanan benih selama masa penyimpanan yang disebabkan oleh proses respirasi dalam benih. Hal tersebut mengakibatkan hilangnya cadangan energi untuk perkecambahan karena telah dirombak selama masa penyimpanan yang mengakibatkan meningkatnya asam lemak bebas benih kedelai (Maemunah dan Adelina, 2009).

Benih yang memiliki mutu rendah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, terutama di lingkungan sub-optimum. Sedangkan deteriorasi adalah proses yang tidak dapat dicegah atau bersifat mutlak, namun dapat diperlambat perkembangannya dengan invigorasi. Priming ialah invigorasi benih untuk mengontrol proses hidrasi-dehidrasi benih yang mendorong proses metabolisme untuk memulai perkecambahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa teknik tersebut mampu meningkatkan resistensi benih terhadap serangan penyakit dan pada tanaman lainnya dapat mengatasi defisiensi beberapa unsur hara mikro (Harris et al. 2004 dalam Arief dan Koes, 2010).

Priming diaplikasikan sebagai perlakuan pendahuluan melalui hidrasi (kondisi lembab) benih secara perlahan untuk menyeimbangkan potensial air benih dengan lingkungannya untuk merangsang sintesis protein dan sintesis mitokondria (Entesari *et al*, 2013). Utomo (2006) juga menjelaskan invigorasi atau *priming* ialah upaya mempercepat dan menyeragamkan proses perkecambahan dengan mengontrol proses imbibisi sehingga perkecambahan dapat terjadi. Invigorasi ini juga dapat mengaktifkan enzim amylase dan dehidrogenase untuk memperbaiki integritas membran sel (Basu, 1994 dalam Yullianida dan Murniati, 2005).

Proses metabolisme selama proses invigorasi memungkinkan adanya perbaikan kerusakan pada benih dengan meningkatkan jumlah metabolit didalam benih untuk persiapan proses perkecambahan. Namun, kadar air benih harus tidak melebihi 45% untuk mencegah munculnya radikula (Hasan, 2015). Penelitian Aseefa dan Hunji (2008 dalam Hasan, 2015) memaparkan kadar air untuk invigorasi kedelai ialah sekitar 41,8% - 45% dan lebih dari 50% akan menyebabkan radikula muncul. Proses tersebut akan meningkatkan daya berkecambah, keserempakan tumbuh, laju perkecambahan dan aktivitas enzim peroksidase (Widajati, 1999).

Beberapa invigorasi benih kedelai yang diantaranya: *priming* (*hydropriming*, *solid matric priming*), *hardening*, *matricconditioning*, *osmoconditioning*, *moisturizing*, dan *humidifying*. *Osmoconditioning* dan *matricconditioning* adalah cara invigorasi yang paling sering dilakukan (Litbang, 2014 dalam Priyanto, 2015). *Osmoconditioning* (menggunakan larutan osmotik)

dan *matriconditioning* (menggunakan media padat lembab) merupakan teknik invigorasi yang sering digunakan (Ilyas, 2005).

Murungu *et al.* (2004 dalam Arief dan Koes, 2010), menyimpulkan bahwa keuntungan penggunaan *priming* meliputi memperbaiki pertumbuhan tanaman dengan mempercepat tumbuhnya kecambah. Tetapi, proses tersebut berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Beberapa faktor keberhasilan pengaplikasian perlakuan *priming* seperti seperti: spesies tanaman, nilai potensial air media *priming*, lama waktu *priming*, suhu udara, suhu media tanam dan vigor benih.

2.3 Peningkatan Viabilitas dengan Teknik Invigorasi

Benih yang telah mengalami deteriorasi dapat diupayakan dengan menggunakan teknik invigorasi untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih yang diaplikasikan sebelum tanam. Beberapa cara invigorasi benih ialah *osmoconditioning* dengan menggunakan larutan osmotik dan *matriconditioning* dengan menggunakan media padat lembab (Sutariadi, 2002 dalam Sucahyono, 2013). Selain itu, teknik invigorasi yang dapat meningkatkan viabilitas benih ialah *hydropriming* dengan melalui proses hidrasi-dehidrasi benih dengan perendaman benih di dalam air untuk mendorong proses metabolisme benih sebelum perkecambahan benih. Proses perkecambahan menjadi fase paling penting untuk menentukan siklus pertumbuhan tanaman terkait dengan vigor, kecepatan tumbuh dan kualitas kecambah hingga benih (Najar dan Bakhtiari, 2014).

Penggunaan *hydropriming* bertujuan untuk mengontrol penyerapan air benih secara perlahan sehingga aktivitas metabolisme dan proses perkecambahan dimulai namun radikel tidak muncul. Setelah proses perendaman, benih dikeringkan kembali sebelum ditanam dan setelah diimbibisi kembali benih akan menunjukkan laju perkecambahan yang tinggi pada kondisi normal maupun dengan cekaman (Rouhi *et al.* 2011 dalam Herlina dan Aziz, 2016). Menurut Utomo (2006 dalam Susanti, 2014), selama proses imbibisi sangat membutuhkan air untuk perkecambahan, namun masa perendaman yang terlalu lama dapat menyebabkan anoksia (kehilangan oksigen) sehingga membatasi proses respirasi.

Penelitian Herlina dan Aziz (2016) menunjukkan bahwa perlakuan *hydropriming* + lama perendaman 12-24 jam berpengaruh nyata terhadap peningkatan seluruh parameter viabilitas benih kedua aksesori jantan hitam, kecuali kecepatan tumbuh pada kedua aksesori yang digunakan.

Matriconditioning ialah teknik dengan menggunakan media padat seperti arang sekam atau serbuk gergaji untuk memperbaiki fisiologi dan biokimia benih. Keuntungan penggunaan *matriconditioning* dibanding *osmoconditioning* adalah kemampuan mencampur yang baik dan penyerapan air yang dapat dikontrol (*predictable delivery system*) yang disebabkan oleh media padatan lembab yang digunakan memiliki daya ikat air yang tinggi (Yullianida dan Murniati, 2005).

Menurut Khan dalam Baharuddin *et al.* (2010), perlakuan *matriconditioning* ialah proses hidrasi benih terkontrol sebelum tanam dengan menempatkan benih pada media padat lembab. Kekuatan matriks pada media padat lembab tersebut dapat memperbaiki pertumbuhan bibit dan keadaan

fisiologis maupun biokimia benih. Pengaplikasian *matricconditioning* sebelum tanam bertujuan untuk memobilisasi dan memanfaatkan sumber daya internal dan eksternal yang diberikan pada benih untuk memaksimalkan perbaikan pertumbuhan perkecambahan dengan mengatur proses imbibisi benih secara perlahan sehingga memungkinkan fase aktivasi dan proses metabolisme lebih lama untuk mencegah munculnya radikula dan kerusakan membran sel.

Penelitian Sucahyono *et al.* (2013), *matricconditioning* menggunakan arang sekam (hasil pembakaran tidak sempurna dari sekam) bersifat porous, ringan dan dapat menahan air mampu meningkatkan mutu fisiologis benih kedelai. Kombinasi media arang sekam dan air dengan perbandingan benih : arang sekam : air adalah 9 : 6 : 7 (b/b/v) berpengaruh positif terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai hitam terhadap peningkatan persentase daya berkecambah dan kecepatan tumbuh benih.

Menurut Kuntara (2014 *dalam* Hasan, 2015), arang sekam mengandung karbon yang tinggi dan kandungan unsur hara penting seperti fosfor dan kalium. Penggunaan *matricconditioning* menunjukkan pengaruh lebih baik dengan penambahan agen hayati, seperti: *Trichoderma harzianum* dan *T. pseudokoningii* sebagai pelindung benih dari penyakit terbawa benih (*seedborne*), penyakit tertular tanah (*soilborne*) dan cendawan gudang (Ilyas, 2005).

Osmoconditioning merupakan invigorasi dengan menggunakan media cair / larutan dengan larutan potensial osmotik rendah untuk perbaikan fisiologis dan biokimia serta mampu mempercepat perkecambahan, keserempakan tumbuh, peningkatan persentase perkecambahan dan pertumbuhan di lapangan

(Sofinoris, 2009). Teknik *osmoconditioning* diduga mampu meningkatkan vigor benih kedelai dengan penambahan zat pengatur tumbuh pada larutan yang digunakan sehingga dapat meningkatkan vigor, daya tumbuh benih, pertumbuhan tanaman dan hasil tanaman (Afzal *et al.* 2002; Rouhi *et al.* 2010 dalam Sucahyono, 2013).

Khan (1992 dalam Susanti, 2014) menyatakan bahwa proses imbibisi pada invigorasi *osmoconditioning* memungkinkan benih mengoptimalkan sumber daya internalnya untuk memulai perkecambahan melalui pemulihan integritas membran. Hal tersebut dikarenakan benih yang telah mengalami kemunduran akan menyebabkan perubahan permeabilitas membran yang mengakibatkan kerusakan dinding sel sehingga benih mengalami kebocoran selama proses imbibisi (Ruliansyah, 2011).

